

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-154834

(P2002-154834A)

(43)公開日 平成14年5月28日(2002.5.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-ト\*(参考)

C 0 3 B 19/10

C 0 3 B 19/10

C

G 0 2 B 3/00

G 0 2 B 3/00

B

Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-263763(P2001-263763)

(22)出願日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(31)優先権主張番号 特願2000-270068(P2000-270068)

(32)優先日 平成12年9月6日(2000.9.6)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 西川 慎一

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100062144

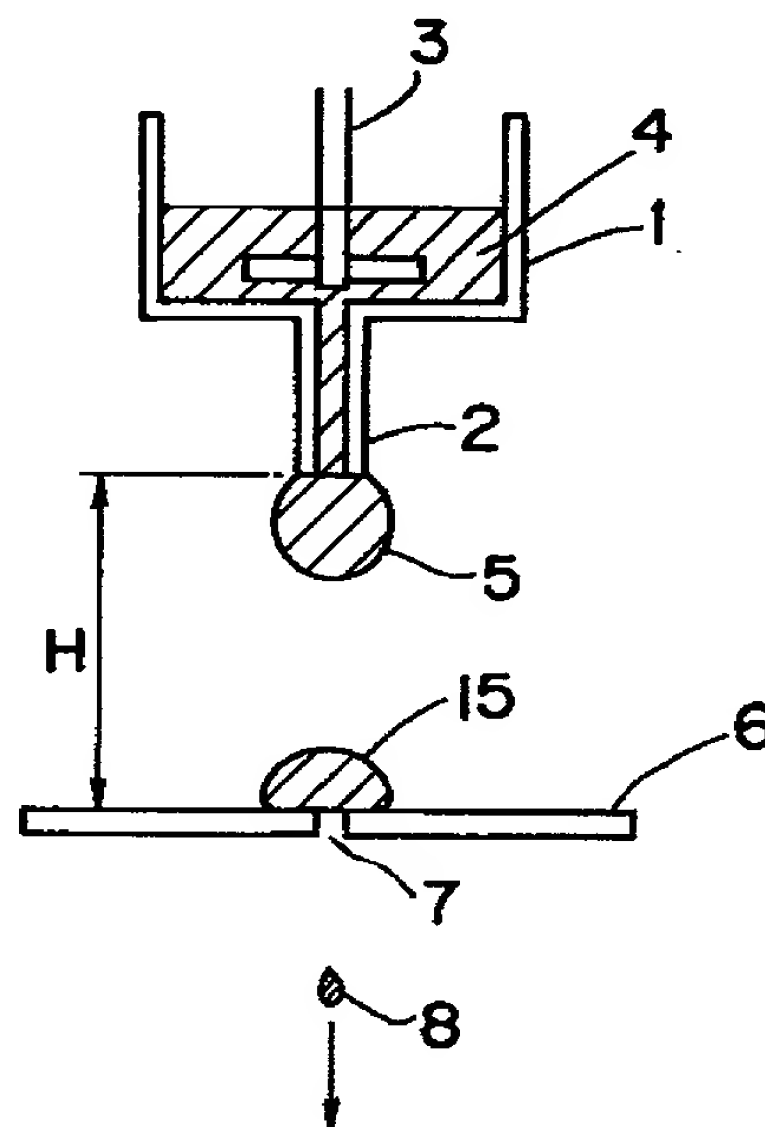
弁理士 青山 葆 (外1名)

(54)【発明の名称】 ガラス微小滴の製造方法およびガラス微小光学素子の製造方法およびそれらの製造装置

(57)【要約】

【課題】 直径が5mm以下の微小なガラス滴を得る方法およびガラス滴の大きさをノズルを交換することなく容易かつ正確に調節する方法を提供する。

【解決手段】 貫通細孔を設けた部材上に溶融ガラス滴をノズルから滴下させた溶融ガラス滴の自由落下により衝突させることにより、ガラス滴の少なくとも一部を微小滴として貫通細孔の裏面に押し出すことを特徴とする直径5mm以下の溶融ガラス微小滴の製造方法。貫通細孔を設けた部材の溶融ガラス滴を衝突させる面にテーパを設ける上記製造方法。溶融ガラス微小滴を冷却固化または金型に滴下して微小球レンズ、プレス成形用微小球素材、微小光学素子を製造する方法。ノズルおよびノズルから落下した溶融ガラス滴の少なくとも一部を更に下方に落下させる貫通細孔を設けた部材とを含む溶融ガラス微小滴の製造装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 貫通細孔を設けた部材上に熔融ガラス滴を衝突させることにより、該ガラス滴の少なくとも一部を微小滴として貫通細孔の裏面に押し出すことを特徴とする直径5mm以下の熔融ガラス微小滴の製造方法。

【請求項2】 熔融ガラス滴の衝突を、ノズルから滴下させた熔融ガラス滴の自由落下により生ぜしめる請求項1に記載のガラス微小滴の製造方法。

【請求項3】 貫通細孔を設けた部材の熔融ガラス滴を衝突させる面にテーパを設けることを特徴とする請求項1または2に記載のガラス微小滴の製造方法。

【請求項4】 貫通細孔を通過したガラス微小滴を、滴下位置を規制するためのガイド孔を通して落下させることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のガラス微小滴の製造方法。

【請求項5】 貫通細孔を設けた部材の材質を、線膨張係数が $(13 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C})$ 以下の材料としたことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のガラス微小滴の製造方法。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の方法によって得られる熔融ガラス微小滴を冷却固化させる微小球レンズの製造方法。

【請求項7】 請求項1～5のいずれかに記載の方法によって得られる熔融ガラス微小滴を冷却固化させるプレス成形用微小球素材の製造方法。

【請求項8】 請求項1～5のいずれかに記載の方法によって得られる熔融ガラス微小滴を金型上に滴下し成形する微小光学素子の製造方法。

【請求項9】 ノズルおよびノズル下方にノズルから落下した熔融ガラス滴の少なくとも一部を更に下方に落下させるための貫通細孔を設けた部材、および一對の金型とを含んでなる直径5mm以下の微小ガラス光学素子の製造装置。

【請求項10】 貫通細孔を設けた部材と、熔融ガラス微小滴を受ける金型とを嵌合により位置決めされる構成としたことを特徴とする請求項9に記載の微小ガラス光学素子の製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信用カップリングレンズ、光ピックアップレンズ、内視鏡用レンズ等の微小ガラス光学素子および微小ガラス光学素子を製造するためのガラス微小滴の製造方法およびそれらの製造装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】微小ガラス光学素子は、古くは研磨加工によって製造されていたが、生産性の悪さから近年は以下のような方法で行われている。

(A) 近似形状を有するガラス素材を加熱し、金型でプレス成形する方法。

(B) 加熱した金型上に、熔融ガラス滴を滴下し、プレス成形する方法。

(C) 熔融ガラス滴を冷却、固化することにより球レンズを製造する方法。

しかし、例えば直径0.5～5mm程度の微小な光学素子を製造する上では、それぞれ下記のような問題点がある。

【0003】(A)の方法の場合、予め相当する体積を有する微小な成形用ガラス素材を用意する必要があるが、このような微小ガラス素材を得るのは加工困難であるためコストが上昇する。微小ガラス素材を得る方法として、より大きい体積で成形したガラス素材を機械的に加工して微小ガラスとする方法もあるが、工程が増す分だけやはりコストが上昇する。

【0004】(B)の方法の場合、つぎの理由により直径が5mm以下の微小な熔融ガラス滴を得ることが困難である。通常、ノズルから滴下するガラス滴の重量は次の式で表される。

$$mg = 2\pi r \gamma \quad (1)$$

式中、m：ガラス滴の質量、

g：重力加速度、

r：ノズル先端外径の1/2、

$\gamma$ ：ガラス滴の表面張力

を表す。上記式によれば、ノズル先端外径を小さくすればガラス滴の重量を小さくすることができるが、現実には、1)ノズル内に熔融ガラスを流すためには一定の内径を確保する必要があり、外径を小さくするには限界がある、2)ノズル先端で熔融ガラスが濡れて広がり、見掛け上のノズル外径が大きくなるため、外径を小さくしていても効果がなくなる。したがって熔融ガラス滴をある程度以下に小さくすることは現実には困難であり、熔融ガラスの大きさはガラス組成によっても異なるがおおむね5mm程度が下限である。

【0005】(C)の方法の場合、(B)の方法同様、直径5mm以下の微小なガラス滴を得るのが困難であった。また、ガラス滴は、直径が5mm程度以上であればノズルから熔融ガラスを滴下するという通常行われる方法で得ることはできるが、その場合でも重量を調節するためには、通常、ノズルの外径、形状を変更しなければならず、そのため生産設備の稼働率が低下し、コストが上昇する大きな要因となっていた。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記(A)～(C)の問題点を解決して直径が5mm以下の微小なガラス滴を得るための方法を提供することである。また、本発明の他の目的は、ガラス滴の大きさを、ノズルを交換することなく容易、かつ正確に調節する方法を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、貫通細孔を設

けた部材上に溶融ガラス滴を衝突させることにより、該ガラス滴の少なくとも一部を微小滴として貫通細孔の裏面に押し出すことを特徴とする直径5mm以下の溶融ガラス微小滴の製造方法に関する。特に、本発明は、溶融ガラス滴の衝突を、ノズルから滴下させた溶融ガラス滴の自由落下により生ぜしめる上記の製造方法に関する。また、本発明は、貫通細孔を設けた部材の溶融ガラス滴を衝突させる面にテーパーを設けることを特徴とする上記の製造方法に関する。また、本発明は、貫通細孔を通過したガラス微小滴を、滴下位置を規制するためのガイド孔を通して落下させることを特徴とする上記の製造方法に関する。また、本発明は、貫通細孔を設けた部材の材質を、線膨張係数が $(13 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C})$ 以下の材料としたことを特徴とする上記の製造方法に関する。また、本発明は、上記いずれかの方法によって得られる溶融ガラス微小滴を冷却固化させる微小球レンズまたはプレス成形用微小球素材の製造方法に関する。

【0008】更にまた、本発明は、上記いずれかの方法によって得られる溶融ガラス微小滴を金型上に滴下し成形する微小光学素子の製造方法、または金型上に滴下し予備成形するプレス成形用ガラス素材の製造方法に関する。加えて、本発明は、ノズルおよびノズル下方にノズルから落下した溶融ガラス滴の少なくとも一部を更に下方に落下させるための貫通細孔を設けた部材および一对の金型とを含んでなる直径5mm以下の溶融ガラス微小滴の製造装置に関する。更に、本発明は、貫通細孔を設けた部材と、溶融ガラス微小滴を受ける金型とを嵌合により位置決めされる構成としたことを特徴とする上記の製造装置に関する。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明は直径5mm以下、特に0.5~3mmの溶融ガラス微小滴の製造方法を提供するものであって、溶融ガラス滴を更に小さい径を有する貫通細孔に衝突させることにより貫通細孔の裏面に溶融ガラスの微小滴を形成する技術である。貫通細孔を通して得られる溶融ガラス微小滴の大きさは、ガラスの粘度および表面張力を決定するガラスの種類と細孔通過時の溶融ガラスの温度、細孔に衝突する際の溶融ガラスの速度、細孔の径(D)、細孔の長さ(L)、細孔の $L/D$ 、細孔の形状、細孔の入り口および出口のエッジの形状、細孔内面の平滑度、部材の熱容量と細孔内面へのガラスの濡れを左右する部材の材質等の函数であり、これらの条件を選択することによって必要とする溶融ガラス微小滴の大きさを調整することが可能である。本発明は、これらのファクターのうち、特に貫通細孔の径、細孔通過時の溶融ガラスの温度、細孔に衝突する際の溶融ガラスの速度を適切に選ぶことによって目的とする大きさの溶融ガラス微小滴を得ることができることを見出した。

【0010】貫通細孔の径を大きくすると得られるガラ

ス微小滴の径は大きくなり、貫通細孔の径を小さくすると得られるガラス微小滴の径は小さくなる。したがって、貫通細孔の径は、目的とする溶融ガラス微小滴の径に応じて適宜選択すればよい。通常、目的とする溶融ガラス微小滴の径の0.7~1倍程度になる。細孔通過時の溶融ガラスの温度は、細孔への衝突時に微小滴が分離できる程度に粘性が低くなる温度であれば、特に限定されない。ガラス温度を上げるとガラス粘性が下がり、得られるガラス微小滴の径は大きくなる。反対にガラス温度を下げるとガラス粘性が上がり、得られるガラス微小滴の径は小さくなる。しかし、ガラス温度が低すぎると微小滴を分離するために大きな衝撃力が必要になるため、微小滴を分離することが困難になってくる。ガラス温度が高く粘性が低い場合には微小滴の分離は容易になるが、ガラス温度が高すぎるとノズルからの滴下の過程で泡や脈理が発生しガラス内部品質に問題が出てくるため、通常は良好な内部品質が得られる温度範囲で実施するのが好ましい。

【0011】貫通細孔に衝突させる溶融ガラスは、細孔径より大きな径を有する溶融ガラス滴であればよい。但し、所望のガラス微小滴との重量差が小さいと得られるガラス微小滴の重量ばらつきが大きくなる傾向があるため、部材に衝突させる溶融ガラスの重量は、所望のガラス微小滴の重量の2倍以上とすることが好ましい。この溶融ガラス滴の供給は特に限定されず、いかなる方法に依ってもよく、例えば溶融ガラス溜め下部に設けられたノズルから溶融ガラスをそのまま重力によって落下させ、ノズルの下に設置した貫通細孔を設けた部材に衝突させることができる。したがってこの場合の衝突速度はノズル下端と貫通細孔との距離Hによって定まる。落下距離が長い場合には得られるガラス微小滴の径は大きくなり、落下距離が短い場合には得られるガラス微小滴の径は小さくなる。前述の他のファクターと合わせて落下距離を適切に選択することで、所望の径を有するガラス微小滴を得ることができる。落下距離Hは、一般には10~5000mm、好ましくは50~2000mmである。

【0012】貫通細孔を設けた部材6の形状は、例えば図9に示すように板状部材に円形貫通孔7を設けたものを使用することができる。更に、図10に示すように溶融ガラス滴を衝突させる面にテーパー23を設けることで、下方に落下するガラス微小滴の重量ばらつき、位置ばらつきを減少させることができる。テーパーの開き角 $\theta$ は $30^\circ \sim 120^\circ$ 程度が好ましい。また重量ばらつき、位置ばらつきを減少させるためには、ノズルからのガラス滴が全てテーパー内に衝突するようにテーパー部の径を大きくすることが好ましい。貫通細孔7の断面形状は必ずしも円形である必要はないが、ばらつきを抑える観点から、通常は円形のものが好ましい。

【0013】また、ガラス微小滴の落下位置ばらつきを



抑えるためには、貫通細孔を設けた部材とガラス微小滴を受ける金型等との距離はできるだけ短いことが好ましい。しかし、装置構成上の問題等でこの距離を十分短くできない場合には、貫通細孔を設けた部材とガラス微小滴を受ける金型等との間に落下距離を規制するためのガイド孔を設けた部材を配置することで落下位置ばらつきを抑えることができる。衝突によって分離したガラス微小滴8は、図11に示すように、分離直後は細長く伸びた形状をしているが、すぐに表面張力によって球状化する。このため、ガイド穴の直径は貫通細孔の直径よりも大きくする必要がある。ガイド孔24は、図12に示すように貫通細孔を設けた部材と一体化することもできる。

【0014】貫通細孔からガラス微小滴が落下した後は、以下の手順で部材上に残った余分なガラスを容易に除去できるため、貫通細孔を設けた部材をその都度交換しなくとも連続的にガラス微小滴を得ることができる。細孔径が比較的小さく（例えば、 $\phi 1.8\text{mm}$ 以下）、ガラスの表面張力によって部材に残った余分なガラスが細孔内に入り込まない場合には、エアで吹き飛ばす、吸着する、挟み取る等の方法で容易に余分のガラスを除去することができる。ガラス滴を衝突させる面にテーパを設けていない場合には、図1のように金属ヘラで摺り落すこともできる。

【0015】細孔径が比較的大きい場合（例えば、 $\phi 2.2\text{mm}$ 以上）には、部材上に残った余分のガラスが細孔内に入り込んでしまう場合があるが、この場合にもエアで吹き飛ばす、吸着する、挟み取る等の方法で容易に余分のガラスを除去することができる。また、図2のように下方よりピン状部材で突き上げるまたはピン状部材で突き上げた後に金属ヘラで摺り落す等の方法で除去することができる。この際、細孔を設けた部材が薄すぎると、図3のように細孔に入り込んだガラスが部材下面の細孔から周辺に広がってしまい、余分のガラスの除去が困難になる。従って、細孔に入り込むガラスが下面に達しない程度以上の厚みを部材が有することが好ましい。

【0016】また、図4のように細孔の部材上面における径よりも下面における径の方が大きい場合も余分のガラスの除去が困難になるため、細孔は一定の径で貫通しているかまたは上面における径が下面における径よりも大きいことが好ましい。

【0017】衝突によって分離したガラス微小滴は、図11に示すように、分離直後は細長く伸びた形状をしているが、すぐに表面張力によって球状化する。そのため細孔が長すぎると途中でガラス微小滴が引っ掛かり、下方に落下できなくなる。このため細孔の長さは通常、 $0.3\text{mm} \sim 5\text{mm}$ 程度が好ましい。

【0018】部材の材質としては、ステンレスのような金属あるいはセラミック等を使用することができるが、

耐熱性が高く、酸化等によって貫通細孔周辺が劣化しにくいものが好ましい。また、貫通細孔を設けた部材の温度変化は、熱膨張によって細孔径が変化することに起因するガラス微小滴の重量ばらつきの原因となるが、部材は熔融ガラス滴との衝突を繰り返すため温度を一定に保つのが難しい。そのため、細孔を設けた部材の材質は、線膨張係数が $13 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以下の材料とすることが好ましい。例えば、フェライト系ステンレス、タングステン合金等を使用することができる。

10 【0019】貫通細孔へ衝突する熔融ガラス滴をノズルから供給する場合、例えばノズルはルツボのような熔融ガラス溜りの下端に取り付けられ、熔融ガラスはノズルの先端で滴を形成した後、重力によってノズルから落下する方法を利用することができる。また、圧力を加えてノズル先端から熔融ガラスを押し出して落下させてもよい。

20 【0020】上記の方法によって製造された熔融ガラス微小滴をそのまま冷却固化することにより、あるいは更にこれに研磨等の仕上げ加工を施すことにより微小球レンズまたはプレス成形用ガラス素材を製造することができる。また、熔融ガラス微小滴を熔融状態のまま金型上に滴下し、加圧成形することで、微小光学素子またはプレス成形用微小ガラス素材を製造することができる。

30 【0021】上記の方法による直径 $5\text{mm}$ 以下の熔融ガラス微小滴の製造は、ノズルおよびノズル下方にノズルから落下した熔融ガラス滴の少なくとも一部を更に下方に落下させるための貫通細孔を設けた部材とを含んでなる装置により可能となる。また、上記の方法による直径 $5\text{mm}$ 以下の微小ガラス光学素子の製造は、ノズルおよびノズル下方にノズルから落下した熔融ガラス滴の少なくとも一部を更に下方に落下させるための貫通細孔を設けた部材、および一對の金型とを含んでなる装置により可能となる。更に、貫通細孔を設けた部材と、熔融ガラス微小滴を受ける金型とを嵌合により位置決めされる構成とすることで、金型への微小ガラス滴の滴下位置を確実に制御することができ、位置ずれによる不良の発生を防止することができる。

【0022】以下実施例により本発明をより詳細に且つ具体的に説明する。

#### 40 【実施例】実施例 1

図5において、1はガラス熔融ルツボ、2は下方にガラス滴を滴下させるためのノズルである。ルツボ1は図示していない加熱手段によって $1000^\circ\text{C}$ に加熱され、攪拌棒3によってルツボ1内の熔融ガラス4（材質SF57）が攪拌されている。ノズル2を図示していない加熱手段によって $1100^\circ\text{C}$ に加熱するとノズル2の先端にガラス滴5が溜り、一定の重量以上になったところでノズルから分離し、下方に落下する。ガラス滴5の重量は、前述の通り、理論的には式（1）で表され、主にノズル2の外径によって決まる。実験ではノズル外径が4

mm (ノズル内径0.8mm) のとき約200mg (直径として4mm)、ノズル外径が1mm (ノズル内径0.5mm) では約70mg (直径として3mm) の溶融ガラス滴が得られた。しかし、ノズル外径を更に小さくするためには、ノズル内径を更に小さくする必要があり、高い圧力を加えないとノズル内部を溶融ガラスが流れなくなるため、良好に滴下できなくなる。したがって、このガラスの場合、70mg以下の重量のガラス滴を滴下させることは非常に困難である。

【0023】そこで、直径2mmの円形貫通細孔7を有する厚さ1.5mmのステンレス板製溶融ガラス滴重量制御部材6 (貫通細孔を設けた部材) をノズル下方100mmの位置に水平に設置し、ノズル (外径4mmφ) から大きさ195mgのガラス滴5を貫通細孔上に滴下した。溶融ガラス滴は、落下によって得た運動エネルギーによってガラス滴25の一部が貫通細孔7を通過して、\*

\*ガラス微小滴8となって貫通細孔の裏面に落下した。この溶融ガラス微小滴8の重量は約35mg (直径として2.3mm) であり、ノズルから滴下するだけでは得ることのできないガラス微小滴を得ることができた。溶融ガラス滴重量制御部材6上に残った約160mgのガラス15は吸着によりまたは金属ヘラですり落とす等の方法により容易に除去することができるため、連続してガラス微小滴を得ることができた。

【0024】上記において、貫通細孔の径Dおよび溶融ガラス滴重量制御部材 (貫通細孔を設けた部材) (薄板) からノズル先端までの距離Hを表1に示すように変えたときの得られたガラス微小滴の大きさ (重量) を表1に示す。なお、ここでの硝種はSF57およびLaK8である。

【0025】

【表1】

硝種	距離H (mm)	貫通細孔径 (mm)					
		2.0	1.8	1.6	1.3	1.0	0.7
SF57	100	35mg	分離せず	分離せず	分離せず	分離せず	分離せず
	150	42mg	20mg	12mg	分離せず	分離せず	分離せず
	200	48mg	22mg	16mg	11mg	分離せず	分離せず
LaK8	400	43mg	28mg	19mg	9mg	4mg	1mg

【0026】一般に距離Hが大きい方が衝突速度が大きくなるためガラス微小滴重量は大きくなり、距離Hが小さい方がガラス微小滴重量は小さくなる。しかし、距離Hがある限界を越えて小さくなると、溶融ガラスは貫通細孔を通りぬけずガラス微小滴は形成されなくなる。細孔径Dと距離Hを適当に選択することにより目的とするガラス微小滴を得ることができる。硝種によって重量が異なるのは、溶融ガラス滴の粘度、比重等が異なるため※

※である。

【0027】また貫通細孔の径Dと、溶融ガラス滴重量制御部材 (薄板) からノズル先端までの距離Hを固定した条件で、ノズル温度を変えたときに得られたガラス微小滴の大きさ (重量) の変化を表2 (硝種がSF57) および表3 (硝種がLaK8) に示した。

【0028】

【表2】

ノズル温度(℃)	950	960	980	1000	1050
ガラス微小滴重量(mg) (硝種: SF57)	分離せず	14	16	18	21

※細孔径: 1.6mm、距離: 200mm

【0029】

【表3】

ノズル温度(℃)	1070	1080	1090
ガラス微小滴重量(mg) (硝種: LaK8)	7	9	10

※細孔径: 1.3mm、距離: 400mm

【0030】ノズル温度が高い、即ち溶融ガラスの粘度が低いほどガラス微小滴の大きさは大きくなり、ノズル温度が低い、即ち溶融ガラスの粘度が高いほどガラス微小滴の大きさは小さくなる。しかし、粘度がある特定の大きさを越えると溶融ガラスは貫通細孔を通りぬけずガラス微小滴は形成されなくなる。ノズル温度、即ち溶融ガラスの温度を適当に選択することによっても目的とす★50

★るガラス微小滴を得ることができる。

【0031】実施例2

図6を用いて、溶融ガラス微小滴およびこれから微小レンズを成形する方法を説明する。実施例1と同様に、外径4mmのノズル2の先端から約200mgの溶融ガラス滴 (SF57) 5を径Dが2mmの貫通細孔7を設けた部材6 (溶融ガラス滴重量制御部材) 上に滴下させたところ、貫通細孔の裏面から約35mgの大きさの溶融ガラス微小滴が落下した。この溶融ガラス微小滴8を400℃に加熱された平面金型9上に滴下したのち、金型9を、半径1.5mmの凹球面形状が精密研磨加工され同様に400℃に加熱した上金型10の下方まで移動させ、上金型10と下金型9によりレンズ11を加圧成形した。得られた成形レンズは、両面とも金型形状が正確

に転写されており、従来困難であった重量35mgの微小レンズを得ることができた。

#### 【0032】実施例 3

図7に示すように、溶融ルツボ1に溜めた溶融ガラス4 (SK5)を外径4mmのノズルより約200mgの溶融滴として溶融ガラス滴重量制御部材6 (貫通細孔を設けた部材)に設けた径Dが1.6mmの貫通細孔7上に滴下した。溶融ガラスは貫通細孔の裏面から、大きさ約10mgの溶融状態のガラス微小滴8として落下してきた。ガラス微小滴8は、落下中に表面張力により球状化するとともに、冷却固化し、十分下方に設置した受け皿12中に10mgの微小球レンズ13として回収された。この微小球レンズは、研磨等の追加工なしでそのままファイバークップリング用レンズ等として使用することができる。更に加圧成形して種々の形状の微小光学素子を得るための成形用素材として使用することができる。

【0033】また、落下中に自然冷却する代わりに、図8に示すような中心部に空気穴15のあいた受け皿14で受け、該空気穴から冷却用空気を流すことにより、受け皿上で転がせ、または浮上させることにより冷却固化させることもできる。更に、受け皿14を多孔質材料、例えば多孔質カーボン、多孔質セラミックス等で作製し、受け皿の面全体から空気を吹き出して冷却固化することもできる。

#### 【0034】実施例 4

実施例1と同様の装置を用いてLaK8のガラスを溶融し、外径4mmのノズル先端から溶融ガラスを滴下した。溶融ルツボを1080℃、ノズルを1100℃としたとき、ノズル先端から滴下する溶融ガラス滴の重量は約200mgであった。図10に示すようにステンレス板(SUS430)に直径1.3mmの円形貫通細孔7を有し、溶融ガラスを衝突させる面に開き角( $\theta$ )60°のテーパーを設けた溶融ガラス滴重量制御部材6 (貫通細孔を設けた部材)を用いて、細孔上に溶融ガラス滴25を衝突させ、裏面側にガラス微小滴8を落下させた。貫通細孔の直径1.3mmの部分の長さは1.5mm、表面のテーパー部23の直径は8mmとした。微小ガラス滴は、溶融ガラス滴重量制御部材6の裏面から5mm離れた位置に設けた平板上に落下させ、重量および落下位置を測定した。このとき得られたガラス微小滴の重量は9mgであり、20個を測定した時の重量ばらつきは標準偏差で0.02mgであった。また、落下位置のばらつきは標準偏差で0.03mmであった。比較のためテーパーを設けていない溶融ガラス滴重量制御部材6 (貫通細孔を設けた部材)を用いて同様の測定を行ったところ、重量ばらつきは標準偏差で0.2mg、落下位置ばらつきは標準偏差で0.2mmであった。

【0035】このように、溶融ガラス滴重量制御部材6 (貫通細孔を設けた部材)の溶融ガラスを衝突させる面

にテーパーを設けることで、ガラス微小滴を安定にすることができる。テーパーの開き角は、ノズルから滴下するガラス重量、目的とするガラス微小滴の重量等に応じて適切な大きさを選択すればよいが、通常は30°~120°程度が好ましい。また、ノズルからのガラス滴が全てテーパー内に衝突するように、テーパー部の直径を衝突するガラス滴の直径よりも大きくすることが好ましい。

【0036】ここで、貫通細孔を設けた部材6の材質をSUS430としたのは、部材の温度変化による細孔径の変化によって微小ガラス滴の重量ばらつきが起こるのを防ぐためである。上記滴下条件の場合、細孔径が0.01mm変化すると微小ガラス滴の重量は約0.3mg変化する。高温の溶融ガラスを衝突させるため該部材6の温度を一定に保つのは困難であり、衝突させる時間間隔等の条件によるが、通常300℃程度の変動がある。このときガラス微小滴の重量変化幅を0.15mg以下に抑えるには、該部材の熱膨張係数が $13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の材料を使用すればよい。このような材料として、SUS430のようなフェライト系ステンレス、タングステン合金を使用することができる。もっとも、要求されるガラス微小滴の重量精度、落下位置精度によっては、溶融ガラス滴重量制御部材6 (貫通細孔を設けた部材)のテーパーは必ずしも必要ではなく、また、該制御部材6の材質も上記条件を満たす必要のないことはいうまでもない。

#### 【0037】実施例 5

図13を用いて本発明による微小光学素子の製造装置について説明する。外径3mmのノズル2の先端から約150mgの溶融ガラス滴5 (LaK8)を滴重量制御部材6に設けられた直径1mmの貫通細孔7上に滴下させることにより、下型9上に重量1mgの微小ガラス滴8が落下する。高精度の光学素子を製造するためには、下型9上に落下する微小ガラス滴8の位置ばらつきを抑える必要があり、そのためには貫通細孔7と下型9との相対的な位置ずれを極力小さくしなければならない。本実施例では、貫通細孔7を有する溶融ガラス滴重量制御部材6と、下型9とはいずれもリング状部材22の内面に精密に嵌合する構成となっている。このため、貫通細孔7と下型9との相対的な位置ずれを数 $\mu\text{m}$ 以下に抑えることができ、下型9上に滴下する微小ガラス滴8の位置ばらつきを最小限に抑えることができる。下型9上に微小ガラス滴8が落下したのち、該制御部材6を上方に抜き、実施例2と同様に下型9と上型10によって加圧成形することで、所望の表面形状を有する光学素子11を得ることができる。

#### 【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の方法によれば、ノズルから直接滴下する方法では得ることのできない直径5mm以下の微小なガラス滴を得ることができ



る。また、得られたガラス微小滴を冷却固化することにより微小ガラスレンズおよびプレス成形用微小ガラス素材を製造することができる。また得られたガラス微小滴を金型上に滴下し、プレス成形することにより、微小光学素子およびプレス成形用微小ガラス素材を製造することが可能となった。更に本発明の方法に依れば、貫通細孔径、ノズルから細孔までの距離、熔融ガラス温度、貫通細孔を設けた部材の温度のいずれかまたはすべてを調節することにより、ノズル交換のために装置を長時間停止することなく、ガラス微小滴の大きさを調節すること

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 余分なガラスの除去方法を示す模式図（細孔径の小さい場合）

（a）余分のガラス除去前、（b）除去中の状況。

【図2】 余分なガラスの除去方法を示す模式図（細孔径の大きい場合）

（a）余分のガラス除去前、（b）除去中の状況。

【図3】 細孔を設けた部材の厚みが薄すぎた場合の問題点を示す模式図。

【図4】 細孔の形状が不適切な場合の問題点を示す模式図。

【図5】 本発明の熔融ガラス微小滴の製造方法の1例を示す模式図（実施例1）。

【図6】 本発明の熔融ガラス微小滴および熔融ガラス微小滴から微小レンズを製造する方法の他の1例を示す模式図（実施例2）。

【図7】 本発明の熔融ガラス微小滴および熔融ガラス微小滴からプレス成形用微小ガラス素材を製造する方法の更に他の1例を示す模式図（実施例3）。

【図8】 実施例3の方法における熔融ガラス微小滴の別の受け皿タイプを示す模式図。

【図9】 貫通細孔を設けた部材の一例を示す模式図。

【図10】 貫通細孔を設けた部材の他の一例を示す模式図（熔融ガラス滴を衝突させる面にテーパを有する

場合）。

【図11】 貫通細孔を設けた部材から微小ガラス滴が落下する状態を示す模式図。

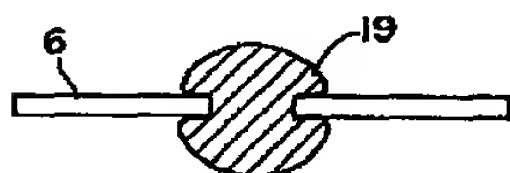
【図12】 貫通細孔を設けた部材の他の一例を示す模式図（滴下ガイド孔を有する場合）。

【図13】 本発明の微小光学素子の製造装置の一例を示す模式図（実施例5）。

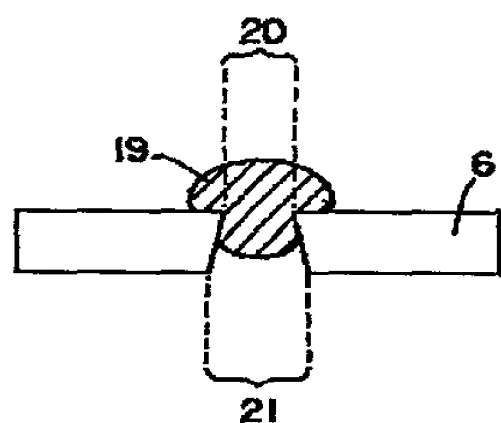
#### 【符号の説明】

- 1：ガラス熔融ルツボ、
- 2：ノズル、
- 3：攪拌棒、
- 4：熔融ガラス、
- 5：ノズルから押し出されたガラス滴、
- 6：貫通細孔を設けた部材（熔融ガラス滴重量制御部材）、
- 7：熔融ガラス滴重量制御部材に設けられた貫通細孔、
- 8：熔融ガラス微小滴、
- 9：下金型、
- 10：上金型、
- 11：成形された微小レンズ、
- 12：受け皿、
- 13：微小球レンズ、
- 14：冷却空気用穴を有する受け皿、
- 15：冷却空気用穴、
- 16：余分な熔融ガラス、
- 17：金属ヘラ、
- 18：ピン状部材、
- 19：細孔に入り込んだガラス、
- 20：細孔上面の径、
- 21：細孔下面の径、
- 22：リング状部材、
- 23：テーパ部、
- 24：ガイド孔、
- 25：貫通細孔上に落下した熔融ガラス滴、
- $\theta$ ：テーパの開き角。

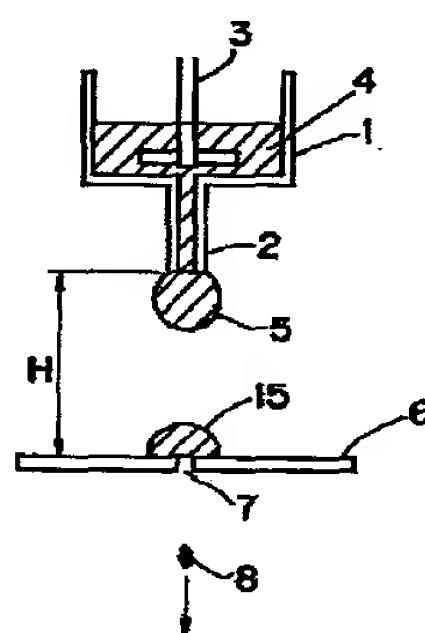
【図3】



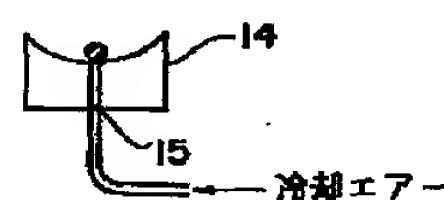
【図4】



【図5】



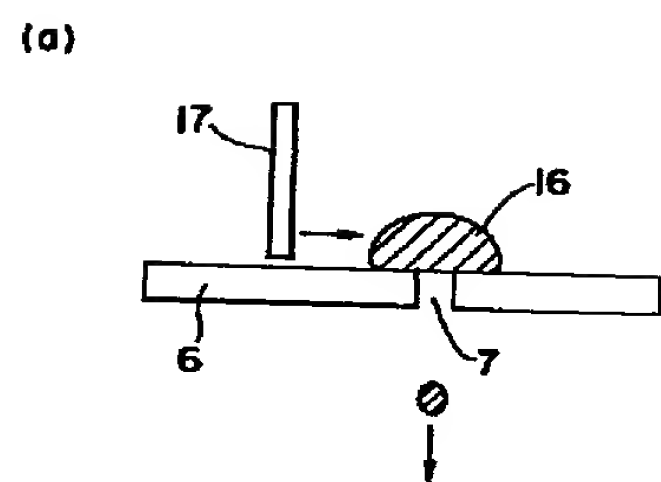
【図8】



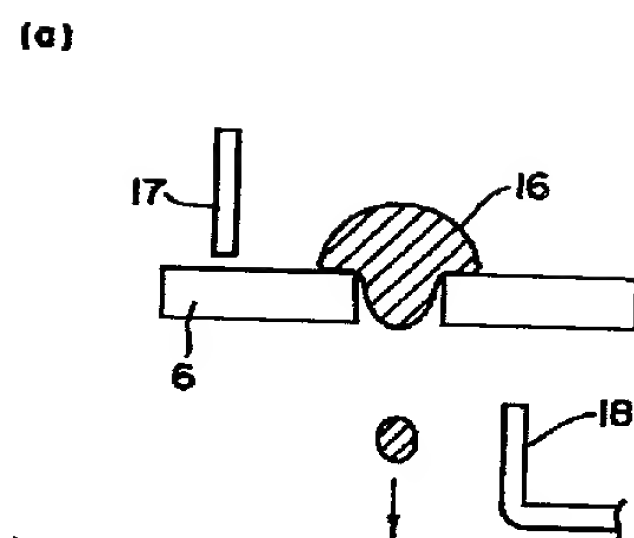
【図9】



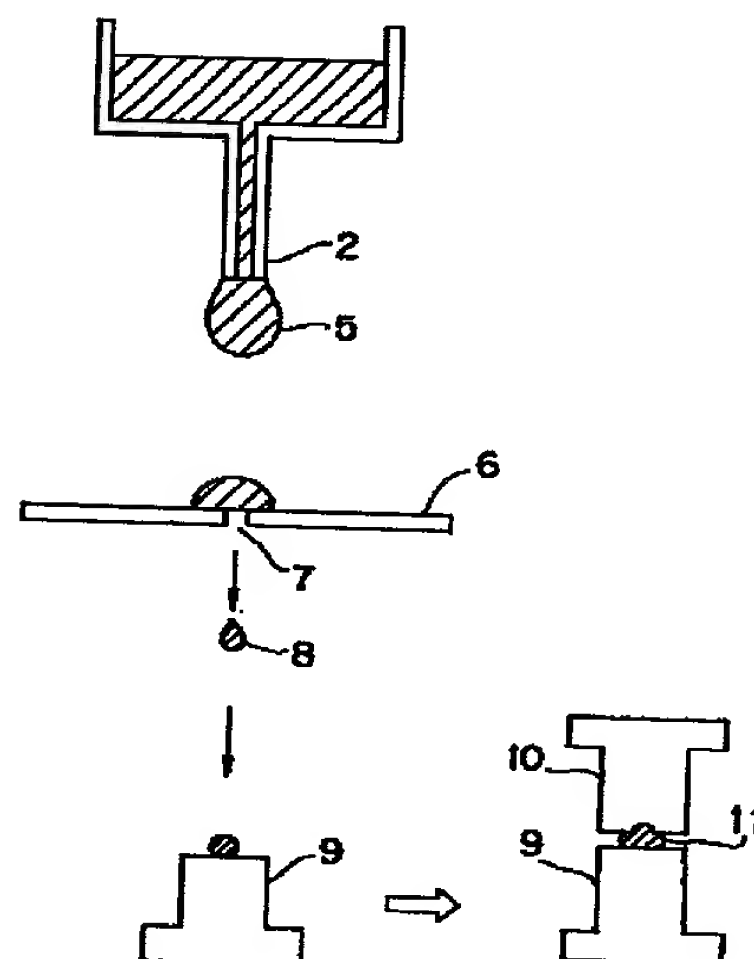
【図1】



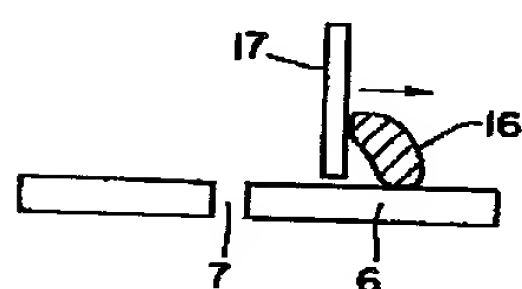
【図2】



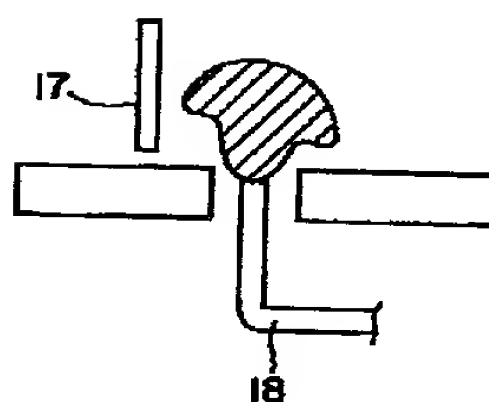
【図6】



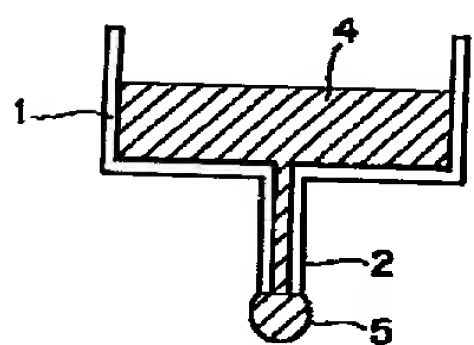
(b)



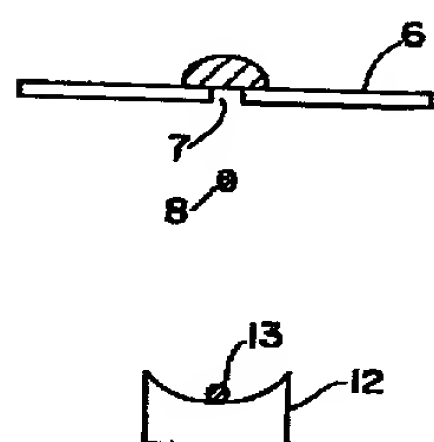
(b)



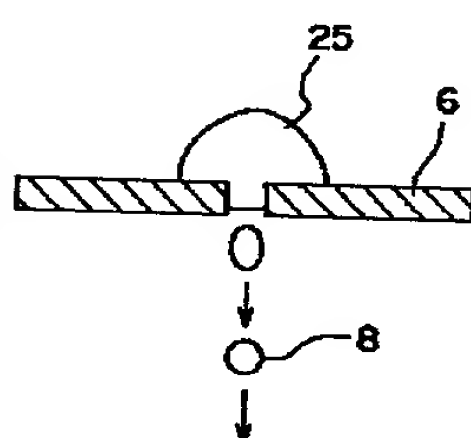
【図7】



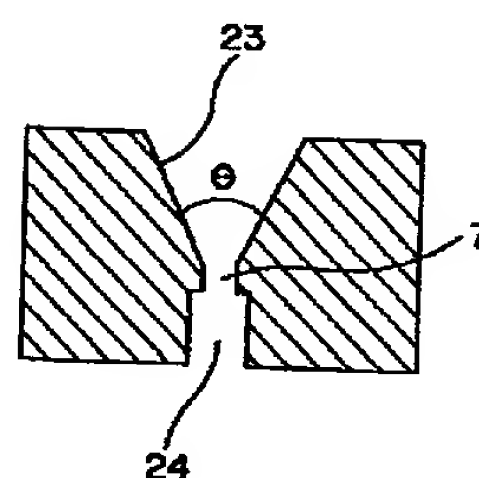
【図10】



【図11】



【図12】





【図13】

